

ВТОРИЧНЫЕ РЕЗОНАНСЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ СВЕТОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ, В ОКРЕСТНОСТИ ОРБИТ СПУТНИКОВ СИСТЕМ ГЛОНАСС И GPS

Э. Д. Кузнецов, В. Д. Гусев, И. А. Малютин

Уральский федеральный университет

Исследованы области вторичных резонансов в окрестности орбит спутников глобальных навигационных систем Глонасс (основной резонанс 8:17) и GPS (основной резонанс 1:2). Оценки больших полуосей орбит, соответствующих вторичным резонансам, получены аналитически. Положение вторичных резонансов в зависимости от отношения миделева сечения к массе уточнялось численным методом. Орбитальная эволюция объектов моделировалась с помощью «Численной модели движения искусственных спутников Земли». Вторичные резонансы оказывают существенное влияние на динамическую эволюцию объектов, имеющих отношение миделева сечения к массе $10 \text{ м}^2/\text{кг}$ и более. Полученные результаты представляют интерес при описании орбитальной эволюции космического мусора.

SECONDARY RESONANCES DUE TO SOLAR RADIATION PRESSURE IN VICINITY ORBITS OF SATELLITES OF THE GLONASS AND GPS SYSTEMS

E. D. Kuznetsov, V. D. Gusev, I. A. Malyutin

Ural Federal University

The secondary resonances are investigated in vicinity of orbits of satellites of the global navigation systems GLONASS (main resonance is 8:17) and GPS (main resonance is 1:2). Estimations of semi-major axes corresponding to secondary resonances were obtained analytically. The secondary resonances locations were improved numerically in dependence on the area-to-mass ratio. The orbital evolution of objects was modeled in the “Numerical Model of Motion of Artificial Satellites”. The secondary resonances have a significant effect on dynamical evolution of objects with area-to-mass ratio of $10 \text{ м}^2/\text{кг}$ and more. The results will be useful to describe orbital evolution of space debris.

В работе [1] описаны вторичные резонансы в окрестности геостационарной орбиты (основной резонанс 1:1) для объектов с отношением миделева сечения к массе $10 \text{ м}^2/\text{кг}$. Математическое описание обнаруженного эффекта дано в статье [2]. Вторичный резонанс возникает вследствие рациональной соизмеримости между критическим аргументом основного резонанса и долготой Солнца.

В настоящей работе исследуются области вторичных резонансов в окрестности орбит спутников глобальных навигационных систем Глонасс (резонанс 8:17) и GPS (резонанс 1:2). Оценки больших полуосей орбит, соответствующих вторичным резонансам, получены аналитически. Положение вторичных резонансов в зависимости от долготы восходящего узла и отношения миделева сечения к массе уточнялось численным методом.

Орбитальная эволюция объектов моделировалась с помощью «Численной модели движения искусственных спутников Земли», разработанной в Томском государственном университете, на интервале времени 24 года. Модель возмущающих сил учитывает основные возмущающие факторы: гравитационное поле Земли, притяжение Луны и Солнца, приливы в теле Земли, световое давление с учетом тени Земли, эффект Пойнтинга—Робертсона, сопротивление атмосферы. Использовался интегратор Эверхарта 19-го порядка.

Вторичные резонансы оказывают существенное влияние на динамическую эволюцию объектов, имеющих отношение миделева сечения к массе $10 \text{ м}^2/\text{кг}$ и более. Полученные результаты необходимо учитывать при выборе орбит для хранения космического мусора.

Работа выполнена при поддержке Правительства Российской Федерации (постановление № 211, контракт № 02.A03.21.0006) и Министерства образования и науки Российской Федерации (базовая часть государственного задания, РК № АААА-А17-117030310283-7).

Библиографические ссылки

1. *Valk S., Delsate N., Lemaître A., Carletti T.* Global dynamics of high area-to-mass ratios GEO space debris by means of the MEGNO indicator // *Adv. Space Res.* — 2009. — Vol. 43. — P. 1509—1526. 0810.1859.
2. *Lemaître A., Delsate N., Valk S.* A web of secondary resonances for large A/m geostationary debris // *Celest. Mech. Dyn. Astr.* — 2009. — Vol. 104. — P. 383—402.